

PROJET DE CONSERVATION DES SOLS ET DES EAUX DANS LA ZONE SOUDANO-GUINÉENNE AU CENTRE DE FORMATION RURALE DE TAMI (TOGO)

J.M. Ubalde & R.M. Poch

Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida.
Av. Rovira Roure, 177. E-25198 Lleida, Espagne.

RÉSUMÉ: Ce travail a pour objectif la réalisation d'un plan de conservation des sols et des eaux dans une aire représentative du nord du Togo. Ce projet se développe au Centre de Formation Rurale de Tami (CFRT), localisé dans la zone soudano-guinéenne de Togo. Cette région, avec une haute densité démographique, c'est une de celles qui présentent les plus grands problèmes de dégradation des sols du pays. Ce centre, avec des champs de 100 ha, c'est un endroit représentatif de la région, où sont bien manifestes ses problèmes de dégradation des sols: érosion, inondations et basse fertilité.

Les critères pour décider des mesures d'aménagement ont été le diagnostic des problèmes et leurs causes; le contexte socio-économique, les coûts des mesures et la maximisation de la diversification des mesures pour que le centre devienne une aire modèle, où l'on puisse tester l'effectivité des mesures de conservation à moyen terme, et qu'elles puissent être observées et éventuellement adoptées par les paysans.

Les techniques de conservation des sols et des eaux qui ont été proposées sont relativement peu coûteuses, sont connues par la population, exigent peu de moyens et peu de formation technique, ce qui les rend adoptables par les paysans. Les principaux objectifs des aménagements de conservation ont été le contrôle du ruissellement dans toutes les formes du terroir avec un système de terrasses progressives et drainages et l'augmentation de la fertilité des sols avec l'apport d'amendements et engrais. Les mesures les plus chères sont celles faites avec des pierres et les moins chères celles qui utilisent du matériel végétal. Par contre, les plus acceptées socialement sont les oeuvres pierreuses, qui choquent moins avec le système agricole actuel que celles en matériel végétal.

MOTS-CLÉS: Togo, zone soudano-guinéenne, érosion, fertilité, conservation des sols et des eaux.

ABSTRACT: The objective of this work is to make a soil and water conservation project in a representative area of northern Togo. This project is carried out at the Centre de Formation Rurale de Tami (CFRT), located in the sudano-guinean area of Togo. This region has a high population density and is one of the most degraded areas of the country as far as soils are concerned. The CFRT occupies 100 ha, where the main problems derived of soil degradation in the area can be seen: erosion, flooding and low fertility.

The criteria to decide the management measures have been the diagnosis of the problems and their causes, the socio-economical environment, the cost of the measures and the variety of the techniques to use, so that the CFRT can become a model area where the effectivity of the measures can be tested, observed and eventually adopted by the farmers in a mid-term.

The proposed soil and conservation techniques are relatively cheap, are known by the population, require low inputs and almost no technical training, therefore they could be adopted by the farmers. The main objectives are the control of any type of runoff by a progressive terracing and drainage, and the increase of soil fertility by amendments and fertilisers. The most expensive measures are those made with stones, and the cheapest ones those made with plant materials. On the contrary, the most accepted are the first ones, which are more integrated with the present agricultural systems than the ones using plants.

KEY WORDS: Togo, sudano-guinean zone, erosion, fertility, soil and water conservation

2. CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU

Dans cette région le climat est soudano-guinéen, caractérisé par une longue saison sèche d'octobre à avril et une saison humide de mai à septembre. La moyenne annuelle n'est pas négligeable, de 1000 mm, mais 4/5 des précipitations tombent en 5 mois (de mai à septembre), ce qui constitue un frein aux activités agricoles et fait plus difficile l'approvisionnement en eau de la population et du bétail (Chleq *et al.*, 1984). Les températures sont élevées, variant d'un minimum de 17°C à un maximum de 39°C pendant la saison sèche, ce qui implique une importante évaporation surpassant les 2 000 mm d'eau par an.

La géomorphologie du CFRT est caractérisée par un relief faible, en un système de plateaux, versants et bas-fonds (fig. 2) avec des limites peu précises mais avec une grande incidence dans les processus édaphiques et érosifs. Les versants ont des pentes maximales de 5%. Ce relief faible, qui s'étale au nord de la région à une altitude moyenne de 200 m, c'est l'extrémité méridionale de la pénélaine Burkinabé, formée sur le socle birrimien de roches cristallines (granites et gneiss) (Collart *et al.*, 1985). Le CFRT est traversé par un marigot, qui comme ceux de la région, présente un débit très variable qui disparaît à la saison sèche.

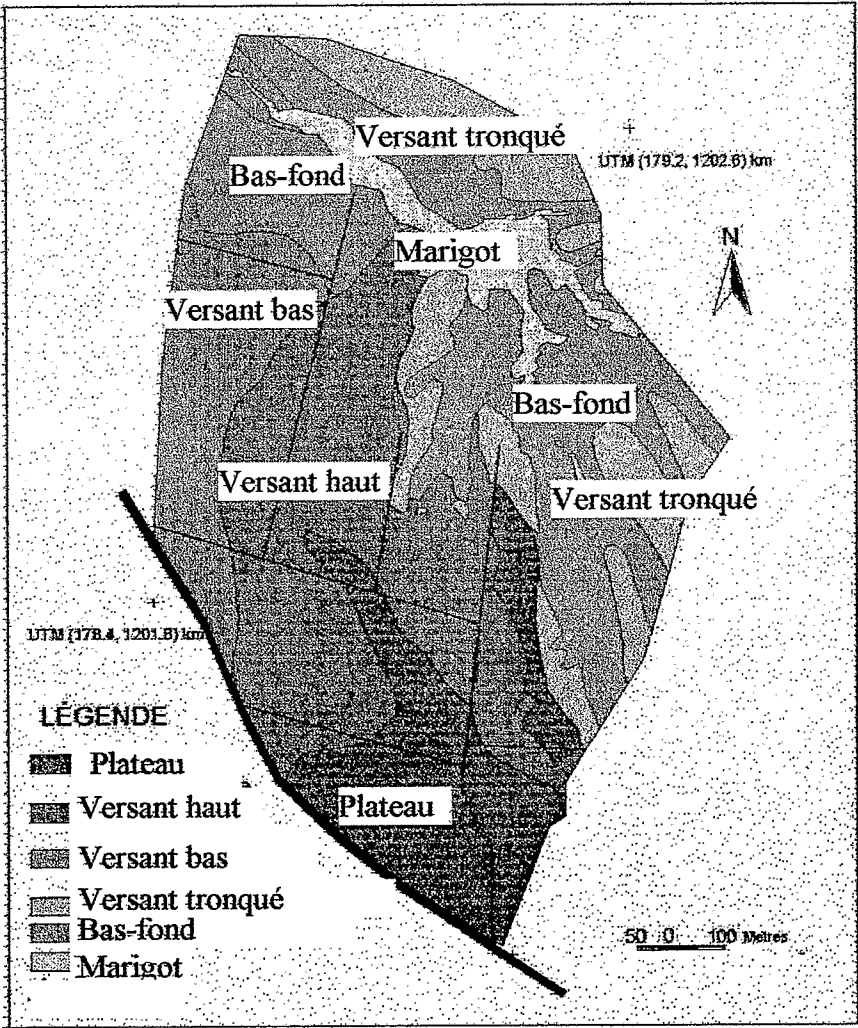


Fig. 2. Carte géomorphologique du CFRT.

La séquence des sols qui se trouvent dans le CFRT est représentative de celle qui pourrait se trouver dans une grande partie de la région (Constanty, 1991). Au sommet se

trouvent les plateaux constitués d'un sol ferrugineux tropical peu profond sur cuirasse latéritique. Sur les versants, se trouvent les résidus de démantèlement de la cuirasse ancienne (glacis polygénique quaternaire avec sols ferrugineux tropicaux). À la base des versants, on trouve un colluvium provenant d'érosion subactuelle et, dans les bas-fonds, des sols hydromorphes sur sédiments quaternaires.

Presque toute la végétation du CFRT est une savane arborée peu dense, profondément modifiée par le surpâturage, les feux répétés, la culture itinérante et le défrichement sélectif, si bien que la diversité de la couverture naturelle est remplacée par un petit nombre d'espèces conservées par l'homme, pour son intérêt alimentaire ou autres: en plus des espèces caractéristiques (*Daniella oliveri* et *Butyrospermum paradoxum*) il y a la *Parkia biglobosa*, l'*Adansonia digitata*, l'*Acacia albida*, le *Tamarindus indica*, ... Autres types de communautés végétales existantes sont le bois (qui est un vestige de l'ancienne forêt sèche soudanienne) où prédomine l'*Anogeissus leiocarpus* et la végétation des rivières, avec une grande variété d'espèces.

Les cultures qui prédominent sont les vivriers: mil, sorgho, maïs, arachide, soja et riz. Il n'y a qu'une culture commerciale: le coton. Le CFRT a contribué à la diversification des cultures de la région, avec l'introduction de nouvelles cultures et variétés.

3. DYNAMIQUE DE LA DÉGRADATION DES SOLS DANS LA RÉGION

La Région des Savanes est une zone fortement dégradée, où les principaux problèmes sont l'érosion et la perte de la fertilité (Akata, 1992). Le principal responsable de cette dégradation a été l'homme, mais il faut ajouter aussi la sécheresse que souffre ces dernières années cette partie de l'Afrique (Rochette, 1989).

Pendant les dernières décennies, dans la Région des Savanes il y a eu une grande croissance démographique, résultant d'un taux de fécondité élevé (7.6 enfants par femme) et une forte baisse de la mortalité, due à l'augmentation des activités sanitaires depuis les années 70. L'effet immédiat a été l'augmentation des surfaces cultivées et la disparition de la jachère, élément clé dans l'équilibre du système agricole traditionnel de slash-and-burn. Cette dynamique a entraîné une dégradation rapide de la fertilité des sols, produisant une baisse de la productivité agricole et aggravant la situation alimentaire, périodiquement préoccupante (1700 cal/pers/jour). Autres effets ont été la déforestation, due à l'augmentation du besoin de combustible, et le surpâturage, dû à l'augmentation du bétail et le progrès de la santé vétérinaire.

Une autre cause de la dégradation a été l'affaiblissement des règles et pratiques d'exploitation traditionnelles (Constanty, 1991). Les structures traditionnelles villageoises qui organisaient autrefois l'utilisation équilibrée du terroir se désagrègent aujourd'hui, car cette autorité n'a pas intégré la nouvelle situation: la croissance démographique, l'introduction de nouvelles techniques et la généralisation de l'économie marchande. Quelques pratiques traditionnelles, comme la culture itinérante et le paillage des champs, ont également été abandonnées, car elles entrent en contradiction avec le besoin d'espace. D'autre part on a conservé quelques pratiques culturelles qui appauvrissent le sol, principalement le recours systématique au feu.

Avec tous ces considérants, la dégradation du milieu naturel apparaît très préoccupante. À partir d'un déséquilibre bioclimatique, le maintien des pratiques traditionnelles d'agriculture et d'élevage, incompatibles avec les taux actuels d'occupation du sol, ont entraîné une importante disparition de la couverture végétale, un appauvrissement généralisé de la terre et une érosion plus accentuée.

4. DIAGNOSTIC DES PROBLÈMES

On a déterminé les unités sol-paysages et leurs problèmes d'aménagement (tableau 1).

Tableau 1. Unités sol-paysage avec leurs problèmes d'aménagement.

Position		Classification FAO 1998	Usage actuel	Limitations d'aménagement
Plateaux		Plintosol geric	Culture	Peu de réserve d'eau, manque de nutriments, inondation
Versants	Haut	Acrisol ou Lixisol orthiplintic	Culture ou pâturage	Peu d'épaisseur, inondation, manque de nutriments, erosion
	Bas	Acrisol ou Lixisol arenic		Id. et peu de réserve d'eau
	Tronqué par érosion	Vertisol hipereutric		Compacité
Bas-fond	Accumulation forte	Gleysol arenic	Pâturage, riz	Inondation
		Phaeozem pachic	Forêt sacrée	Religion
	Accumulation faible	Plinthosol stagnic, endoeutric (inc. Phaeozem gleyic)	Pâturage, riz	Inondation

L'érosion des sols est l'un des problèmes les plus importants de la terre. On peut distinguer les processus qui affectent les versants cultivés ou les prés pour le pâturage, et les processus d'érosion du ravin (marigot), de type géomorphologique par ruissellement concentré.

Dans la prospection de l'érosion, nous avons vu que, dans les parcelles et pâturages du CFRT, principalement celles qui se trouvent dans les marges des plateaux et dans les versants, souffrent de l'érosion par splash et en nappe, mais elle peut être concentrée localement, avec de petites rigoles. Ces types d'érosion sont favorisées par les facteurs suivants: pluies intenses et copieuses pendant la saison humide, sols avec une très basse stabilité structurale, cultures qui laissent la superficie dénudée ou peu protégée au commencement et pendant la saison des pluies, parcelles trop longues avec peu de contrôle du ruissellement superficiel et surpâturage.

Le centre a des problèmes graves d'érosion dans les marigots, par la concentration de l'eau dans les bas-fonds. Dans la réalisation de la cartographie du marigot, nous avons vu que 40% de ses rives sont actives (moins de 20% de recouvrement du sol), concentrant la plupart de cette activité dans sa tête, où l'on a observé des avancements de 2 m en un seul jour. La croissance du marigot est due à l'inondation des horizons superficiels sableux du sol par l'eau qui vient des versants et des plateaux, qui sont plus perméables. Cette eau circule de forme

subsuperficielle, sur des horizons argileux dans ces positions-là et s'accumule dans les horizons sableux plus épais des bas-fonds. La faible cohésion des sables fait qu'en se saturant, les rives du marigot s'effondrent et elles sont traînées par l'eau. Le problème n'est pas celui de l'excavation du cours du marigot mais celui du volume d'eau recueillie par le bassin versant et l'instabilité des rives.

Un autre problème important dans le CFRT, ce sont les inondations dans les versants et les bas-fonds pendant la saison humide, favorisées par les pluies intenses et copieuses, qui surpassent souvent la capacité d'infiltration des sols, par le peu de contrôle du ruissellement dans les versants et la basse capacité de rétention d'eau des sols. D'autre part, des périodes de sécheresse sont fréquentes au cours de la saison des pluies, entraînant notablement la perte des semis.

Le dernier problème étudié a été la fertilité du sol, aussi bien chimique que physique. De la fertilité chimique (tableau 2), il faut remarquer les faibles teneurs en matière organique, inférieures à 1%, sauf dans le sol de la forêt (10%). La réaction des sols est modérément acide dans les sols sableux, ce qui montre une tendance à l'insaturation et au lessivage des bases, mais il n'y a pas de risque de toxicité d'aluminium car l'acidité n'est pas inférieure à 5.5 en aucun cas. Le dosage de nutriments est aussi très faible dans les sols cultivés des plateaux et des versants: le N varie de 85 à 9 kg/ha, le P de 24 à 9 kg/ha et le K de 94 à 35 kg/ha (sauf 202 kg/ha dans le vertisol). La CEC est très basse dans les horizons les plus sableux en raison de la texture et la faible teneur en matière organique, ce qui oblige à fractionner la fertilisation chimique.

Tableau 2. Fertilité chimique des horizons superficiels des sols étudiés (août 1999).

Sol	pH H ₂ O 1:2.5	Matière Organique (%)	N-NO ₃ ⁻ (kg/ha)	P- Olsen (kg/ha)	K ⁺ AcNH ₄ (kg/ha)	CEC (cmol+/kg)	Texture
Plintisol (plateau)	5.8	0.6	27	24	94	5	F Ar
Acrisol ou Lixisol (versant)	6.1	0.4	13.5	10.5	35	-	Ar F
Vertisol (versant tronqué)	7.6	0.3	9	22.5	202	21.8	Ag
Gleysol, Plintisol (bas-fond, pâturage)	6.8	0.9	30	9	59	4.7	F Ar
Phaeozem (bas-fond, forêt)	7.9	9.7	234	45	>1 760	39.1	F Ag

Texture: F Ar Limon sableux; Ar F Sable limoneux; F Ag Limon argileux; Ag Argileux.
CEC: Capacité d'échange cationique.

Les propriétés physiques des sols qui ont été établies sont la capacité d'infiltration, la densité apparente et la perméabilité. Pour les sols du CFRT, où la capacité d'infiltration varie de modérée (bas-fons) à très rapide (plateaux), la densité apparente varie de 1 450 kg/m³ dans la partie basse à 1 750 kg/m³ dans la partie haute et la perméabilité est lente et modérée au bas-fond et modérée dans le reste. Cette tendance se traduit en une plus grande probabilité d'érosion et d'inondation dans les parties inférieures du versant et du bas-fond sous pluies intenses, et dans les parties hautes dans de longues périodes de pluie.

5. PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION

Les propositions d'amélioration sont la conséquence de la diagnose des problèmes dans l'étude du milieu qui, comme nous avons indiqué ci-dessus, sont l'érosion et l'inondation (fertilité physique) et le manque de nutriments (fertilité chimique). Ces mesures sont un exemple de celles qu'on trouve dans la région. Ce sont des mesures qui ne demandent pas trop de machines ni des techniques sophistiquées de construction, ce qui les rend adoptables par la population. Les mesures de conservation se sont diversifiées au maximum, tout en suivant le but d'habiller le CFRT comme aire-modèle et de tester les mesures à moyen et long terme. Les propositions sont divisées en: aménagements de conservation des sols et des eaux et amendement et fertilisation des sols.

a) Aménagements de conservation des sols et des eaux

1. Objectif: contrôle du ruissellement superficiel dans les versants (parcelles agricoles):

- Division en parcelles plus petites avec alignements d'arbres, haies vives d'arbustes et bandes d'arrêt enherbées qui interceptent le flux (fig. 5). Avec ces haies placées de manière isohypse il y aura un nivellement progressif de la pente: c'est la méthode des terrasses progressives décrite par Roose (1986).
- Intercepter le flux avec des cordons de pierres selon les courbes de niveau (fig. 4). Celle-ci est une mesure complémentaire à l'antérieure et qui aurait l'objectif de diminuer la quantité et la vitesse de l'eau qui arrive à la tête du marigot.
- Assurer la réalisation des sillons selon les courbes de niveau.
- Drainage dans les parties du versant qui s'inondent (fig. 3) pour évacuer les eaux excédentaires pendant la saison humide. Ces drainages recueilleront l'eau des parcelles, pour la diviser à une vitesse non érosive vers la tête du marigot.
- Étudier la localisation et la viabilité de construire une mare (fig. 3). Cette mesure a l'objectif principal d'emmagasiner une quantité minimum d'eau pour assurer une partie de la récolte, en cas de sécheresse postérieure aux premières pluies.

2. Objectif: contrôle du ruissellement sub et superficiel dans les bas-fonds et le marigot:

- Traitement des têtes du marigot avec la plantation des rives et avec des digues en pierre qui contrôlent son développement. Le type de digue qu'on veut réaliser doit être perméable pour diminuer la pression sur la structure et agir comme un filtre inversé qui laisse passer l'eau graduellement des trous petits de la structure aux grands (Heede, 1970, 1979).
- Digues de retention en pierres sèches au long du cours du marigot. On a dessiné des séries de digues en pierre pour fixer le profil du talweg et les rives actives. On a utilisé les digues en pierre décrites par Heede (1970, 1979).
- Construction des digues filtrantes au bas-fond (fig. 4), pour diminuer la vitesse de l'eau et favoriser le nivellement du sol. C'est une mesure associée aux rizières du bas-fond.

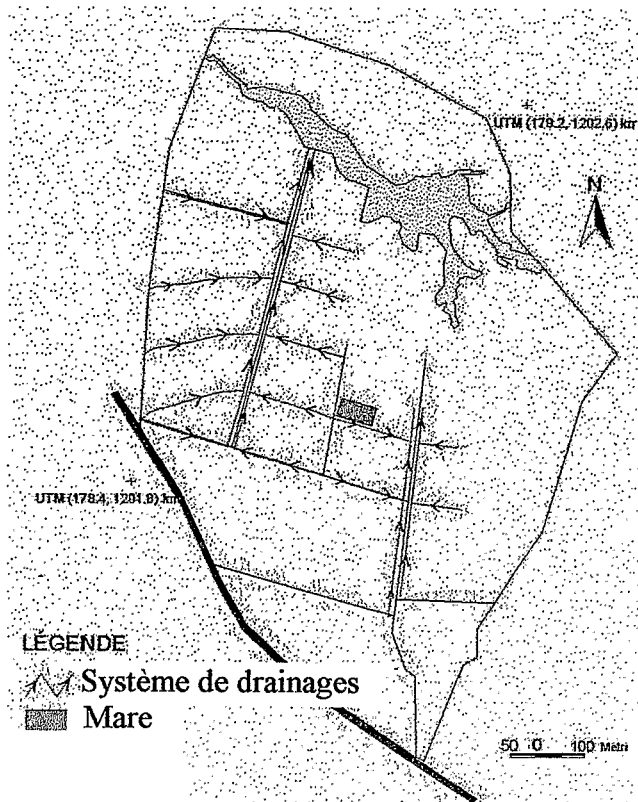


Fig. 3. - Carte du système de drainages.

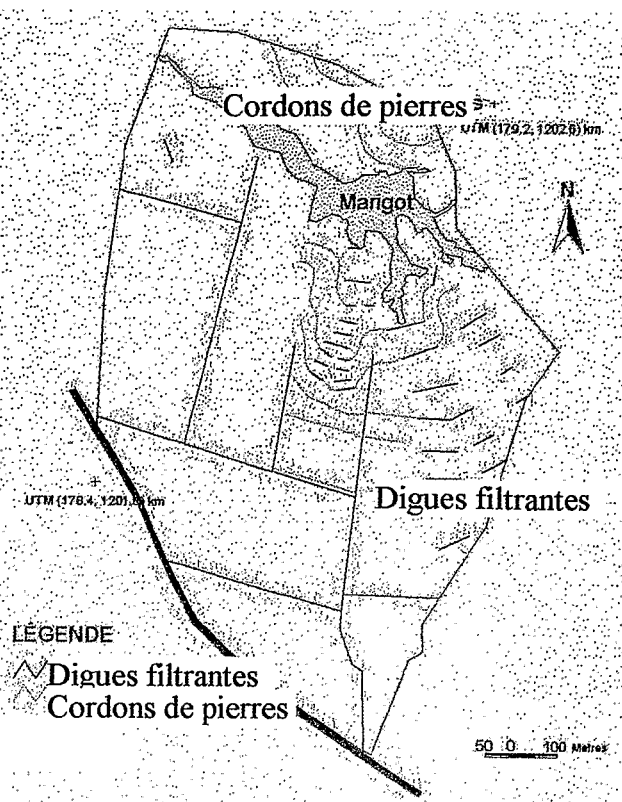


Fig. 4. - Carte des travaux avec des pierres.

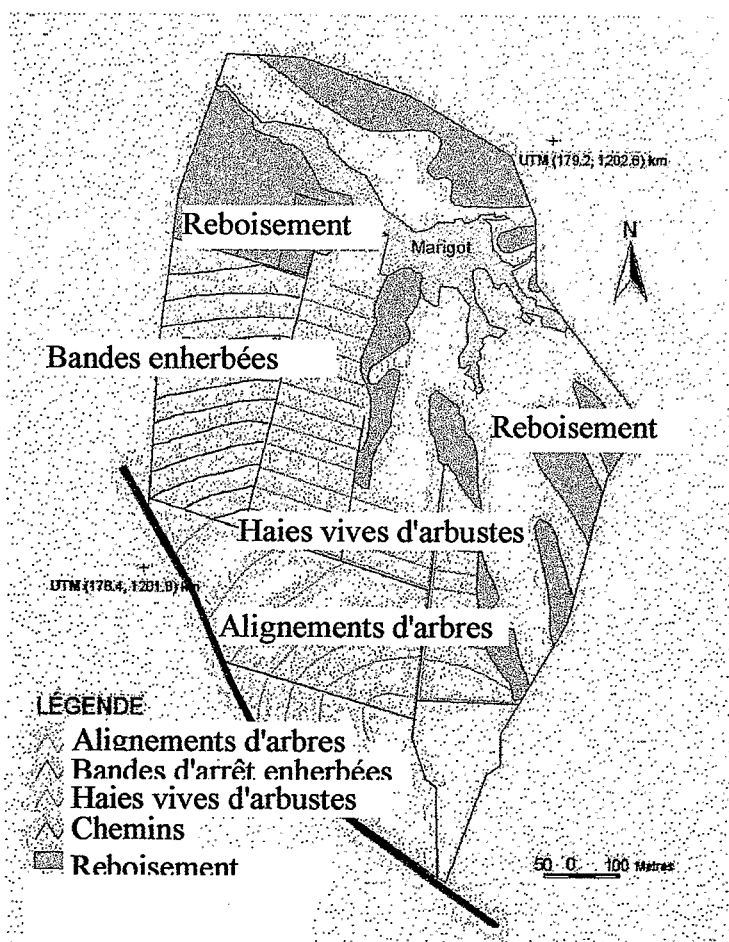


Fig. 5. - Carte des travaux avec du matériel végétal.

b) Amendement et fertilisation des sols

1. Objectif: Accroissement des teneurs en matière organique pour augmenter la rétention de nutriments et la résistance à l'érosion, avec apports annuels et continués de:

- Amendements organiques en forme de fumier de bétail. La production de fumier et de résidus organiques au CFRT n'est pas suffisante pour faire des amendements dans tous les champs. Cela peut être pallié partiellement avec la culture intensive de fourrage. Normalement il est plus efficace d'appliquer des amendements dans les meilleurs sols. Ils pourraient cependant être justifiés dans quelques cas en sols dégradés (Roose, 1994): dans les plateaux qui sont des zones productrices de ruissellement qui érode les sols cultivés situés en aval et dans les sols dégradés mais avec potentiel agricole (plus de 30 cm de sol argileux, plus de 60 cm de sol sableux).

- Compostage. Il convient d'établir le compostage des résidus organiques du centre (domestiques et restes du biogas) pour son application au sol. Le principal problème du compostage est le travail requis pour obtenir un bon produit et le besoin de temps (6-18 mois) (Roose, 1994).

- Matériel végétal provenant du désherbage et des haies vives. Le désherbage doit être réalisé avec un labour qui laisse les mauvaises herbes sur le champ. Avec le matériel provenant des haies vives on peut faire un paillage antiérosif sur la superficie et l'enterrer à la fin de la période végétative.

2. Feu de brousse. Il faut le substituer par un apport de fertilisants minéraux, au moins dans les sols avec teneurs en matière organique faible.

3. Fractionnement de l'engrais azoté au moins 2 ou 3 fois et engrais de fond P et K dans les sols sableux annuellement, pour augmenter graduellement le capital de ces éléments dans le sol.

4. Laisser les parcelles les plus improductives en jachère, pour procéder au rétablissement de leur fertilité et/ou planter des espèces améliorantes, pour leur capacité de fixation de N (*Rhizobium*) ou pour avoir un feuillage riche en nutriments minéraux. Quelques espèces utilisées dans la région avec ce but sont la *Cassia siamea*, le *Cajanus cajan* et l'*Acacia holosericea*.

6. ANALYSE DES COÛTS

Dans notre projet on a calculé les coûts d'exécution des différents aménagements (Tableau 3). Ces travaux, qui exigent des moyens relativement limités, se sont montrés efficaces dans beaucoup de projets réalisés dans la région. On a calculé aussi le coût des travaux sans la main d'oeuvre, pour approcher davantage le prix qu'ils auraient s'ils étaient réalisés par les intéressés. On peut réduire encore davantage les prix si les paysans s'associent pour acquérir le matériel et les machines.

Le type de travaux qui reste meilleur marché c'est celui qui utilise du matériel végétal, avec une fluctuation de 364 FCFA/m pour les alignements d'arbres et de 1 064 FCFA/m pour les haies vives d'arbustes. Les travaux qui reviennent les plus chers sont ceux réalisés avec

des pierres, qui coûtent 2 120 FCFA/m pour les cordons de pierres et 5 215 FCFA/m pour les digues filtrantes. Le système de drainage est dans une position intermédiaire avec 820 FCFA/m. Il faut remarquer l'importance de la main d'oeuvre dans le coût total, par exemple, dans les alignements d'arbres le coût est de 364 FCFA/m, dont 252 FCFA/m correspondant à la main d'oeuvre. L'exception sont les bandes enherbées qui ont un coût de main d'oeuvre très bas (77 FCFA/m).

Tableau 3. Coût total et relatif des aménagements (1 FCFA = 0.0015 euro, année 2000).

Concept	Coût total pour le CFRT (FCFA)	Coût relatif par unité (FCFA)			
		Total	Matériel, machines	Main d'oeuvre	Unité
Haies vives d'arbustes	4 177 825	1 064	685	379	m
Bandes d'arrêt enherbées	1 253 450	440	363	77	m
Alignement d'arbres	8 020 998	364	112	252	m
Reboisement	11 160 979	55	22	33	m ²
Cordons de pierre	6 030 827	2 120	1 576	544	m
Digues filtrantes au bas-fond	7 822 500	5 215	4 498	717	m
Digues de retention en pierre	1 966 496	196 650	184 565	12 085	unité
Système de drainages	3 791 452	820	439	381	m
Mare	1 087 105	362	2	360	m ³

D'un autre côté, les travaux réalisés avec des pierres sont les mesures les plus acceptées par les paysans: ces types de travaux, bien qu'ils requièrent beaucoup de travail pour la récolte de pierres, demandent peu d'entretien, ils donnent un bon résultat, ils ressemblent aux pratiques traditionnelles d'épierrement des parcelles et ils n'entrent pas en contradiction avec les pratiques culturelles, comme le feu. Les travaux avec des plantes sont plus efficaces et meilleur marché, mais ils sont moins utilisés car il s'agit d'une technique plus exigeante dans la réalisation de la pépinière, la plantation et l'entretien, en raison aussi du vide juridique sur les plantations forestières et la difficulté de succès avec les problèmes actuels de feu et de surpâturage. Finalement, la réalisation de drains pour lutter contre les inondations est une pratique très peu répandue.

7. CONCLUSIONS

Le CFRT est un endroit représentatif de la région, c'est pourquoi il s'agit d'un lieu apte pour pratiquer les techniques d'amélioration agricole qui soient applicables à toute la zone.

Les principaux problèmes diagnostiqués sont l'érosion, les inondations et le manque de nutriments du sol. On a introduit un système de contrôle du ruissellement dans toutes les parties du relief, avec des moyens relativement limités, avec le but que ce soient des mesures adoptables par la population de la région. On a proposé aussi des mesures en vue d'augmenter les teneurs en matière organique et nutriments du sol.

Avec la réalisation de ce projet, le CFRT améliorera son rôle d'aire-modèle, et deviendra un lieu excellent pour la formation et la prise de conscience des paysans. En plus, on pourra placer des parcelles d'expérimentation, qui permettront d'évaluer les techniques de conservation des sols et des eaux réalisées et de les améliorer.

REMERCIEMENTS:

Nous tenons à remercier le Frère Felipe García, directeur du CFRT, pour son inestimable aide et pour tout le travail fait au centre; l'ONG PROIDE, le Centre de Cooperació Internacional de l'Université de Lleida et la Diputació de Lleida pour leur financement. Au professeur Miracle Freixes pour la révision du texte en français.

8. BIBLIOGRAPHIE

AKATA A., (1992). Dégénération des Terres au Togo. Esquisse d'un programme national de conservation et de restauration des terres. INS-FAO.

BRABANT P., DARRACQ S., EGUE K. et SIMONNEAUX V., (1996). Togo. État de dégradation des terres résultant des activités humaines. Notice explicative de la carte des indices de dégradation. Éditions de l'ORSTOM, Paris: 57 pp.

CHLEQ J.L. et DUPRIEZ H., (1984). Métiers de l'eau du Sahel: eau et terres en fuite. L'Harmattan-Enda, Paris: 126 pp.

COLLART J., OUASSANE I. et SYLVAIN J.P., (1985). Notice explicative de la carte géologique à 1/200000. Feuille Dapaong. 1^e. Édition. Memoria n°2. République Togolaise, Ministère de l'Équipement, des mines et des postes et télécommunications, Direction Générale des Mines, de la Géologie et du Bureau National des Recherches Minières.

CONSTANTY B., (1991). La conservation des sols dans la Région des Savanes: le problème de l'adoption des techniques anti-érosives par les populations. Université de Bordeaux III.

HEEDE B.H., (1970). *Design, construction and cost of rock check dams*. U.S. Forest Service, Research Paper RM-20, Fort Collins, Colorado.

HEEDE B.H., (1979). *Gully development and control: The status of our knowledge*. USDA Forest Service, Research Paper RM-169, Fort Collins, Colorado.

ROCHETTE R.M., (1989). Le Sahel en lutte contre la désertification: leçons d'expériences. Weikersheim, Margraf: 592 pp.

ROOSE E., (1986). Terrasses de diversion ou microbarrages perméables? Analyse de leur efficacité en milieu paysan ouest-africain pour la conservation de l'eau et des sols dans la zone soudano-sahélienne. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXII, n° 2: 197-208.

ROOSE E., (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin Pédologique de la FAO 70, Rome: 419 pp.